DE FIDE, QUÆ SIT ASTRONOMORUM IN PARALLAXI FIXARUM EXQUIRENDA CALCULIS TRIBUENDA,

DISSERTATIO

QUAM

JUBENTE AMPL. FAC. PHILOS. LUND.

PUBLICO EXAMINI SUBJICIT

FREDR. THEOD. BLOMSTRAND,

ARITHMETICES DOCENS,

RESPONDENTE

MICH. JÖNSSON,

SCANO.

IN ACAD. CAROL. DIE XV NOV. MDCCCL

H. A. M. VIII.

P. III.

LUNDÆ,

TYPIS BERLINGIANIS,

MDCCCL.

61 Cygni cum sex ejusdem constellationis stellis annis 1815 et 1816 comparavit, sed præter opinionem pro differentia inter parallaxin stellae 61 Cygni et mediam aliarum stellarum parallaxin valorem negativam unius fere minuti secundi invenit; quod quidem, cum nullo modo probabile sit stellas illas re vera terræ propiores esse quam 61 Cygni, satis demonstrat, observationes differentiarum ascensionum, in quibus minuti secundi partes arbitrio observatoris sunt taxandæ, ad quantitates parvæ parallaxium magnitudinis justo determinandas parum esse aptas. Eodem tempore differentiam parallaxium μ et ϑ Cassiopeæ negativam invenerat. Cum vero Bessel expertus esset, quam accurate ope heliometri Frauenhoferiani ab anno 1829 in observatorio Regiomontano exstructi parvas distantias metiri liceret, mox ei in mentem venit parallaxin stellæ, quam dicimus, 61 Cygni denuo tentare. Prius tamen hoc opus adgredi non potuit quam anno 1837 mense Aug., cum locum hujus stellæ secundum distantias et angulos positionis cum duabus ejusdem constellationis stellis 10:mæ fere magnitudinis, per *a* et *b* ab illo designatis, comparare coepit. Observationes ita instituit, ut imaginem stellæ comparatæ ab una dimidia objectivi parte effectam in medium inter stellas duas 61 Cygni ab altera dimidia effictas semper redigeret et distantiam bis, utraque cochlea separatim adhibita, metiretur semelque angulum positionis: quod cum ter aut sæpissime quater fecisset, objectivo ita circumacto ut duæ ejus partes locum mutarent, totidem mensuras in hac objectivi positione instituit. Ita non solum distantiæ observationem a 12 aut 16 mensuris pendentem quam certissimam reddidit, sed etiam errorores incertæ collimationis evitavit. Angulorum positionis observationes a principio desperavit ad parallaxin definiendam satis accuratas fieri posse, quare iis non plus operæ dedit, quam ad verum stellarum comparatarum locum determinandum necesse habebat. Priorem observationum seriem 85 stellulæ *a* et 98 ipsius *b* distantias ab Aug. 1837 ad Oct. 1838 observatas continentem, anno 1838 edidit *). Distantias ex valore revolutionis cochlearum diligentissime determinato et pro caloris differentia correcto deductas et refractione correctas, distantiæ variationis annuæ, a motu proprio 61 Cygni et præcessione proficiscentis, aberrationis et nutationis ratione habita, omnes ad initium anni 1838 reduxerat, et ex erroribus residuis methodo quadratorum minimorum pro

*) Schumacher, Astronomische Nachrichten. XVI Bd. Altona 1839. pag. 65. sqq.

utraque stellula comparationis tres incognitas determinavit, distantiæ mediæ adhibitæ correctiones α, β, correctiones variationis distantiæ annuæ α', β' et differentias parallaxium α'', β''. Primum observationes utriusque stellulæ calculo separatim subjiciens invenit $\alpha'' = 0'',3690$, $\beta'' = 0'',2605$: quod quamvis ostendere videretur b majorem habere parallaxin quam a, attamen, cum nulla adesset caussa talem differentiam exspectandi et præterea determinatio a b petita minoris esset auctoritatis, errore probabili unius observationis stellæ $a = 0,1327$ et stellæ $b = 0,1605$ invento, melius duxit, parallaxi utriusque stellarum comparationis nulla posita, duas observationum series simul tractare et ita, respecta minori æquationum ad b pertinentium anctoritate, tamquam valorem parallaxeos 61 Cygni maxime probabilem $p = 0'',3136 \pm 0,0202$ statuit, observationibus tamen continuatis confirmandum. Caussam minoris auctoritatis, quam calculus observationibus stellæ b tribuerat, recte sine dubio in eo invenit, quod in hac, fere in linea duas duplicis 61 Cygni stellas conjungente sita, determinatio distantiæ, ab accurata hujus lineæ bissectione maxime pendens, paullo incertior esset, quam in stella a.

Observationum suarum continuationem et parallaxin 61 Cygni ex omnibus deductam anno 1840 publicavit *). Adjectis 43 observationibus stellæ a, 53 stellæ b, ab ipso usque ad 9 Juli 1839 factis, et 60 prioris, 63 posterioris observationibus a Schlüter ab illo tempore usque ad 23 Mart. 1840, numerus totus ad 188 unius et 214 alterius observationes fuit redactus. Cum, instrumento paullo post novas observationes inceptas examinato, cochleas usu longo et assiduo tritas invenisset, necesse habuit diligentius examinare, quid erroneus revolutionum cochlearum valor ad parallaxin mutandam valere posset. Variationem hujus valoris a cochleis usu paullatim detritis proficiscentem, sicuti tempori proportionalem, variationem annuam distantiarum solum afficere putavit; incertæ autem caloris ad revolutionum cochlearum valorem mutandum vis rationem in calculo habuit, coefficientem correctionis hujus valoris a temperatura diversa pendentis in $1 + k$ ducens, existente k quantitate incognita olim determinanda. Præterea observatas omnes distantias ad 1839,00 reduxit, et methodo quadratorum minimorum præter incognitas, quas supra dixi, etiam correctiones distantiarum a cochleis detritis, postea vero refectis, profici-

*) Schumacher, Astronomische Nachrichten, XVII Bd. Altona 1840. pag. 257 sqq.

scentes $\triangle\alpha$ et $\triangle\beta$ determinavit. Aequationes ad stellam a pertinentes dederunt $\alpha'' = 0'',3584 - 0'',0756k$; alteræ $\beta'' = 0'',3289 - 0'',0276k$. Cum vero illæ $k = -0,489$, perminima tamen cum auctoritate, suppeditare viderentur, hæ e contrario $k = 0,054$, satius duxit interea $k = 0$ ponere, ex quo secutus est error probabilis unius stellæ a observationis $= 0'',1551$ et stellæ $b = 0'',1841$. Quæ ex priori observationum serie sequi visa erat differentia inter α'' et β'', cum igitur nova hac serie adjuncta non confirmaretur, jure multo meliori $\alpha'' = \beta''$ ponens, ex combinatis, auctoritatum respectu habito, duobus parallaxeos quæsitæ valoribus inventis, parallaxin ipsius 61 Cygni statuit $p = 0'',3483 - 0,0533k$ cum errore prob. $\pm 0'',0141$.

Hæc parallaxis cum ipsi inventori tum ceteris astronomis mox certissima visa est: neque adest caussa sperandi fore ut accuratius et certius methodis huc usque in usum vocatis definiatur, sive sollertiam observatoris respiciamus et instrumenti præstantiam, toties satis expertam, sive numerum stupendum observationum tres fere annos amplectentium, sive consentientes ejus a singulis seriebus suppeditatos valores. Attamen nuper a quibusdam in dubium fuit vocata, cum observationibus stellæ 1830 Groombridge, a Schlüter anno 1843 factis, errorem quendam majorem adhærere esset demonstratum (vide infra). Cujus erroris caussa sive, ut Wichmann voluit, in dimidia objectivi parte immota haud satis stabili est quærenda, sive, ut Hansen et W. Struve placuit, optica fuit a variabili ocularis ab objectivo distantia pendens, in promtu erat suspicari observationes etiam 61 Cygni illo affectas determinationem parallaxeos errononeam forsan reddidisse. Rem tamen diligentius perpendenti vix credendum videtur errores, qui observationes 1830 Groombrridge per se ineptas redderet ad parallaxin ejus definiendam, etiamsi in 61 Cygni, ob dimidio fere minores stellarum comparatarum distantias, minores, in calculo tanta cum diligentia facto in lucem non venisse, si re vera exstiterunt: forsitan vitio cuidam heliometri usu diuturno contracto sunt adscribendi. Certe Peters *) demonstravit neque incertam quantitatem k multum valere ad parallaxin mutandam (adhibito ejus valore $k = -0,4893$ ex distantiis Pleiadum diversis temperaturis mensis a Bessel ipso determinato fit $p = 0'',3744$),

*) Ergänzungs-heft zu den Astron. Nachr. Altona 1849. pag. 53. Bulletin de la Classe Phys.-Math. de l'Acad. imp. des Sc. de S:t Petersb. Tom. VIII. N:o 4.

neque errorem pro eadem nocte distantiis proportionalem in observationibus exsistere; nam ex 180 observationibus stellarum a et b eadem nocte factis differentias distantiarum, a tali errore immunes, quæsivit (respecta stellarum distantia media diversa) et ita parallaxin eandam fere invenit $p = 0'',3602 \pm 0'',0179$.

Parallaxi stellæ 61 Cygni inventa tempore re vera prior fuit determinatio parallaxeos α Lyræ a W. Struve Dorpati effecta. Hanc stellam aptissimam habuerat ad parallaxin detegendam cum propter splendorem tum propter comitem 10,5 magnitudinis 43'' fere distantem physice hand conjunctam; cum qua ope magni telescopii Frauenhoferiani micrometro filari instructi illam secundum distantiam et angulum positionis comparavit. Distantias quinquies semper metiebatur, filo mobili utrimque ab immoto posito, angulos etiam quinquies. Ut mensuræ distantiarum certiores fierent, eadem semper cochleæ parte usus est, sicuti in revolutionibus cochleæ reducendis formulas adhibuit pro diversis temperaturis accuratissime determinatas; refractionis, aberrationis et motus proprii rationem habuit: præcessionem et nutationem evitavit positiones stellarum ad eclipticam referens. Initium observationum numero septendecim a Nov. 1835 ad Dec. 1836 anno 1837 edidit *): cum angulos, tum distantias adhibens 34 finxit equationes, e quibus 3 incognitas determinavit: correctionem distantiæ mediæ $= \varepsilon$, parallaxin $= \pi$ et correctionem variationis distantiæ annuæ $= \sigma$. Methodo quadratorum minimorum invenit $\pi = 0'',125 \pm 0,055$. Observationes vero usque ad Aug. 1838 continuatas una cum prioribus numero 98 cum publicaret **), persuasum sibi habuit angulos non tam accurate observari quam distantias, cum propter difficultatem stellas magitudine adeo diversarum sine errore secundum angulos comparandi, tum propter pondus partium instrumenti situm circuli positionis eamque ob rem angulos etiam observatos forsitan mutans. Quare angulis rejectis ope distantiarum observatarum 96 equationes finxit, e quibus easdem quantitates ε, π et σ determinans parallaxin quæsitam α Lyræ invenit $p = 0'',2613$ cum err. prob. $0'',0254$, qui quidem ex errore probabili unius observationis $0'',154$

*) Stellarum duplicium et multipl. mensuræ micrometricæ etc. Petropoli, 1837. pag. CLXIX. seqq.

**) Additamentum in F. G. W. Struve mensuras micrometricas etc. (Mémoires de l'Acad. imp. des Sc. de S:t Petersb. VI:me Série. Sc. Math. et Phys. Tom II. 1841. pag. 353a. seqq.

prodit. Parallaxeos ita inventæ, vix dubiæ sibi visæ, confirmationem merito in eo vidit, quod 17 priores distantiæ, angulis rejectis, $p = 0'',235$ dedissent.

Quamvis hæc determinatio Besselianæ comparari nequeat, quippe cum numerus observationum multo minor sit et difficillimæ, ipso auctore, stellarum tum diversæ magnitudinis mensuræ determinationem ipsam quodammodo vitiare potuerint, tamen satis patet hanc parallaxin fide esse dignissimam.

Neque vere Angli, qui ab initio parallaxin fixarum summopere quæsiverunt, hoc tempore cessarunt. Anno 1836 Airy *), ope duorum circulorum muralium, Troughtonii illius, quo quondam Pond erat usus, et recentioiis a Jones fabricati, distantias zenithales ad parallaxin definiendam observandas curavit. In vitio est, quod locus verticis in circulo determinabatur combinatione diversarum stellarum diebus consequentibus observationum cum directarum tum reflexarum, neque cochlearum micrometrorum valor nisi septimo quoque die examinabatur. Circulus Troughtonii 45 observationibus directis et 47 reflexis parallaxin suppeditavit $p = 0'',233$, circulus alter 54 directis et 38 reflexis $p = -0'',092$. Quod quamvis Airy parallaxin evanescentem arguere videretur, tamen respectu habito aberrationis multo melius a priori determinatæ determinationen Struvianam confirmat.

Henderson Capite Bonæ Spei in Angliam reverso, cum magnum motum proprium $3'',6$ stellæ duplicis primæ magnitudinis α Centauri, comitis præterea in magna orbita apparenti motu celeri insignis, comperisset, in mentem venit **) declinationes hujus stellæ ab ipso ope circuli muralis a Jones fabricati observatas et ascensiones rectas a Meadows tubo meridiano definitas ad parallaxin hujus stellæ definiendam adhibere. Cum declinationes, tum ascensiones rectæ annis 1832 et 1833 comparatione stellarum fundamentalium fuerunt determinatæ. Utriusque stellarum observationes parallaxin indicarunt, sed ex seriebus diversis haud parum diversam: verisimillima tamen visa est parallaxis $1''$ paullo superans. Interea Maclear ***), auctore Henderson, observationes accuratiores ad parallaxin α Centauri indagandam 1839 et 1840 instituit. Primum circulum eundem ac Henderson adhibuit, postea circulum illum ejusdem opificis, quo Airy in α Lyræ usus erat.

---

*) Memoirs of the Royal Astron. Soc. Vol. X. pag. 269.

**) Memoirs of the Royal Astron. Soc. Vol. XI. pag. 61.

***) Memoirs of the Royal Astron. Soc. Vol. XII. pag. 329.

Altitudines, combinatis observationibus directis et reflexis eadem nocte institutis, determinavit, quod quidem observationes quam accuratissimas suppiditare debuit. Id fere solum dubium restat, annon errores refractionis, inæquali forsitan temperatura interiori et exteriori aucti, et valores revolutionum cochlearam microscopiorum forsitan haud satis diligenter determinati observationes incertiores reddere potuerint. Calculo ab Henderson facto, tamquam medium ex 34 stellæ α^1 et 138 comitis observationibus, posito parallaxi eadem utrique communi, inventa est parallaxis α Centauri $p = 0{,}9128 \pm 0'',0640$, errore prob. unius declinationis $0'',39$ exsistente. Quæ confirmatur a consentientibus pro stella utraque calculatis parallaxibus: sicuti dubitationes, quas dixi, maximam partem tolluntur, inventa simul aberratione veræ valde congrua.

Prius, quam ultima hæc determinatio numero observationum et præstantia fide dignissima facta erat, ab iisdem astronomis Sirii tentata fuit *) parallaxis, in ultimo illo Africæ promontorio, minori distantia stellæ zenithali et temperaturis pro epochis parallaxeos positive et negative maximæ fere iisdem, facilius quam in Europa invenienda. Instrumento uterque usus est eodem, ac Henderson in α Centauri observanda, et eadem uterque methodo ac in illa. Observationes Hendersonii directæ 63 et reflexæ 34, a mense Maj. 1832 per annun totum factæ, parallaxin dederunt $0{,}34 \pm 0'',11$. Observationes Maclearii duplices anmero 67 a mense Aug. 1836 ad Dec. 1837 institutæ parallaxin certius sine dubio dant $p = 0'',16 \pm 0'',09$, secundum calculum ab Henderson factum. Hæc determinatio multo quidem minoris facienda quam parallaxeos α Centauri, attamen non est contemnenda.

Observationes stellæ polaris frequentes, cum nuper sæpius fuerint adhibitæ ad numeros nutationis et aberrationis constantes definiendos, calculo methodo quadratorum minimorum instituto, determinationes etiam parallaxeos stellæ polaris suppeditarunt, mirum in modum sibi invicem consentientes. Lindenau primus 800 ascensiones hujus stellæ variis in locis observatas tractans **) invenit $p = 0'',144 \pm 0'',056$. Observationes Dorpatenses ascensionum numero 603, annis 1822—1826 a W. Struve et 1826—1838 a Preuss ope circuli meridiani Reichenbachii factæ, eundem in finem

*) Memoirs of the Royal Astron. Soc. Vol. XI. pag. 239.

**) Versuch einer neuen Bestimmung des Nutations- und Aberrations-Constanten etc. Berlin, 1842.

a Schidlowsky et Peters *) calculo subjectæ dederunt, auctore Peters, $p = 0'',172 \pm 0'',027$. Declinationes denique polaris eodem tempore a Struve et Preuss observatas Lundahl tractavit **) et parallaxin polaris primum invenit $p = 0'',08928 \mp 0'',03001$; ratione vero habita terminorum, quos sæpius dixi, nutationis a Peters introductorum, qui quidem præcipue in parallaxin vim habent, reperit $p = 0'',14731 \mp 0'',03001$.

Annis 1842 et 1843 C. A. F. Peters ***), cui, tunc temporis ad observatorium Poulkovense adjuncto, magnus circulus verticalis ab Ertel Monachi fabricatus, cujus descriptio legitur in "Déscription de l'Obs. Astron. de Poulkova" pag. 130, erat commissus, observationes instituit ad parallaxes plurium fixarum altitudinis majoris, splendore partim, partim motu proprio insignium, definiendas. Observationes re vera duplices fuerunt circulo in quaque stellæ culminatione semel versus orientem, semel versus occidentem posito: observationes dubias exclusit: minutissimas adhibuit correctiones ab instrumenti proprietatibus diligentissime examinatis prodeuntes: declinationes, ratione habita præcessionis, nutationis, aberrationis, refractionis et motus proprii, summa cum diligentia calculavit et ex earum cum declinationibus observatis comparatione methodo quadratorum minimorum has determinavit quantitates incognitas: correctionem declinationis mediæ adhibitæ $= x$, parallaxin $= y$, correctionem aberrationis $= z$, correctionem latitudinis $= u$, flexionis tubi $= v$, coefficientis thermometrici refractionis $= w$ et motus annui $= p$. Stellæ observatæ fuerunt: Polaris, Capella, ι Ursæ maj., 1830 Groombridge, Arcturus, α Lyræ, α Cygni et 61 Cygni: parallaxes inventæ hæ:

pro Polari	ex 279	observationibus	p	$=$	$0'',067 \pm 0'',012$
Capella	49	"	p	$=$	$0'',046 \pm 0'',200$
ι Ursæ maj.	40	"	p	$=$	$0'',133 \pm 0'',106$
1830 Groombridge	48	"	p	$=$	$0'',226 \pm 0'',141$

---

*) "Numerus constans nutationis etc." in Mémoires de l'Acad. imp. des Sc. de S:t Petersbourg. Sixième Série. Sc. Math. et Phys. Tom. III. pag. 125. seqq.

**) Specimen Acad. de Num. Nut. et Aberr. const. atque de parallaxi st. pol., Helsingforsiæ 1842.

***) Vide "Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes" in Mémoires de l'Acad. imp. des Sc. de S:t Petersbourg, VI:me Série, Sc. Math. & Phys. Tom. V. pagg. 1—180.

pro	Arcturo	ex 84	observationibus	p	$= 0'',127 \pm 0'',073$
	α Lyræ	53	„	p	$= 0'',103 \pm 0'',053$
	α Cygni	87	„	p	$= -0'',082 \pm 0'',043$
	61 Cygni	55	„	p	$= 0'',349 \pm 0'',080.$

Magnam certe fidem Peters instrumento suo et arti observandi habuit, cum susciperet tot stellarum parallaxes una determinare; neque vero valores inventi satis placent. Ipse concedit fortuitam esse parallaxeos 61 Cygni ab illo inventæ cum Besselii mirum consensum neque numerus observationum tam magnus fuit, ut certa parallaxium determinatio exspectari potuerit. Præterea dubitationem affert refractio, quæ, forsitan cum tempestatibus variabilis, determinationes parallaxium per observationes declinationum difficillimam facit et incertiorem. Quare parallaxibus cel:mi Peters fides aliqua quidem habenda est: certior tamen earum determinatio exspectanda.

Liber nuper citatus præter sectionem secundam, parallaxium, quas diximus, investigationem continentem, in prima præstantissimam proponit historiam quæstionis de parallaxibus usque ad annum 1842, cui quidem plurima debemus, et in tertia conatum continet mediam fixarum secundæ magnitudinis parallaxin definiendi, qui quidem multo minoris æstimandus est; nam hypotheticæ Ottonis Struve distantiæ fixarum ex solo splendore determinationi superstructus et pluribus præterea hypothesibus confirmatus, nulla fere fide dignus videtur. Quarum hypothesium non minime miranda est, quod determinationibus cel:mi Struve parallaxium ex ascensionibus rectis eandem fidem ac suis tribuit: quomodo parallaxes suas α Cygni et ι Ursæ maj. cum summa earum (pag. 19) a Struve inventa conciliat?

Stella illa 1830 Groombridge vix 6:tæ magnitudinis tempore novissimo astronomis multum negotii dedit. Motus ejus proprius annuus, $7''$ superans et omnium huc usque cognitorum maximus, ab Angelandro 1842 fuit detectus. Mox plures astronomi parallaxin hujus stellæ indagandam susceperunt. Bessel illam Regiomonti per Schlüter ope Heliometri celeberrimi observandam curavit. Quas observationes, morte illius præmatura interruptas numero solum 41, ab Oct. 1842 ad Aug. 1843 factas, postea Wichmann calculo subjecit *). Schlüter stellam, quam dicimus, cum duabus stellulis 9:næ et 10:mæ magnitudinis comparaverat: methodum autem in calculo se-

*) Astron. Nachr. XXVI Bd. pag. 150. (1847 Jul.).

quens, qua Bessel erat usus, Wichmann observationes invenit ad parallaxin definiendam ineptas, quippe cum errore haud exiguo, per tempus quoddam fere constanti, repente autem quantitatem et signum mutante, manifesto essent affectæ. Quem ingeniosissime eliminavit differentias distantiarum duarum stellarum eadem nocte observatarum adhibens; nunc autem aliud accessit incommodum: variatio annua distantiæ harum stellarum male determinata inveniebatur. Meliori vero hujus determinatione substituta prodiit parallaxis stellæ 1830 Groombridge $p = 0'',182 \pm 0'',018$. Multa quidem in hoc determinatione sunt animadvertenda: majoris autem fidei digna videtur, quam Faye Parisiensis illi tribuere voluit. Qui cum jam anno 1846 ex observatis ascensionibus rectis parallaxin hujus stellæ invenerat $p = 1'',08 \pm 0'',05$, determinationes a Wichmann et Peters factas omni fide privare conatus est. Methodus autem parum apta, qua usus est, caussam affert de valore illo dubitandi, quod quidem confirmatum est determinatione hujus parallaxeos $p = 0'',034 \pm 0'',029$, quam O. Struve ex 47 observationibus differentiarum declinationum duarum stellularum comparatarum, ope magni refractoris observatorii Poulkovensis factis, deduxit *). Quamvis quidem hæc determinatio non tam certa videatur, quam pater illius credere videtur (ipsa deductio nondum publicata est), tamen parallaxin a Faye inventam falsam esse satis probat.

Parallaxibus huc usque inventis nunc recensitis (de parallaxi Arcturi $p = 0,34$ a Rümker Hamburgi 1847 inventæ **) nihil nobis innotuit), tempus est operi imponere finem. Mirandum quidem est, tam parum re vera certi hac in re adhuc esse inventum et temporibus sequentibus tam multa restare, determinatione meliori egentia.

*) Bulletin de la classe Phys.-Math. de l'Acad. imp. des Sciences. Tom. VIII. N:o 15. (15 Jan. 1850).

**) Mädler, Populäre Astronomie, Berlin 1849, pag. 425.

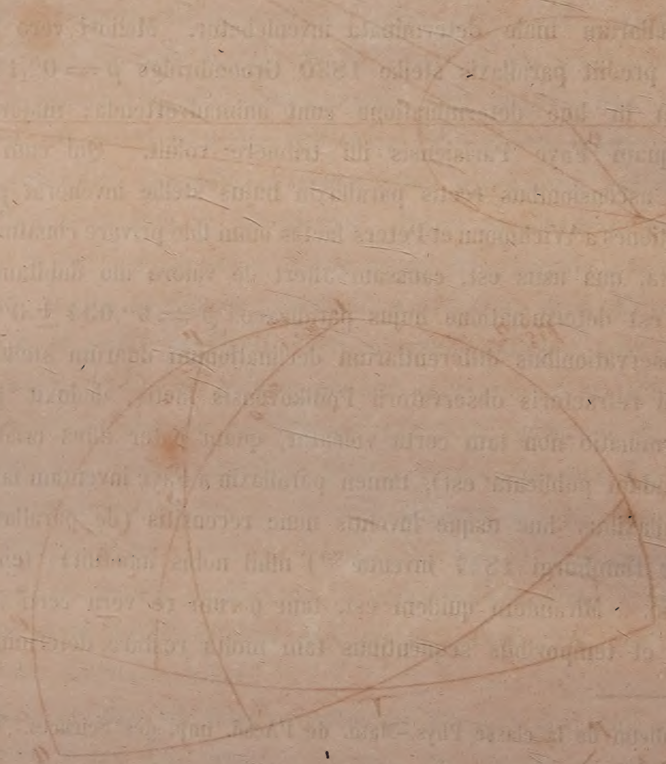




Fig. 1.

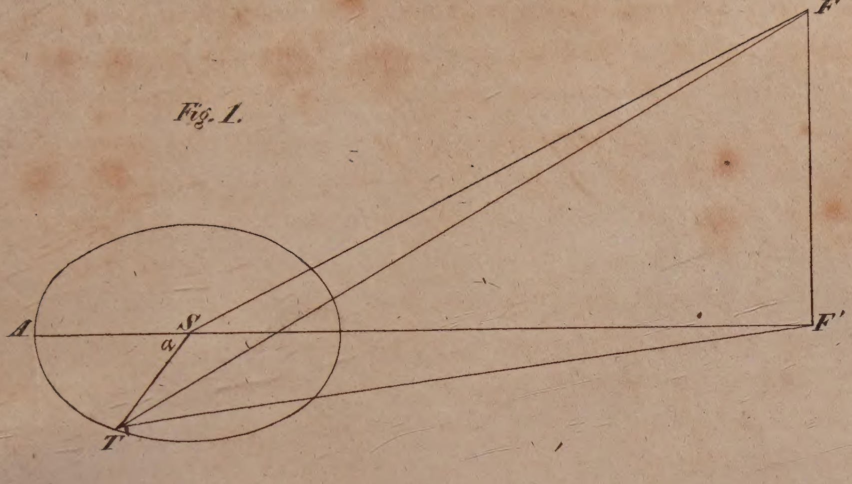


Fig. 2.

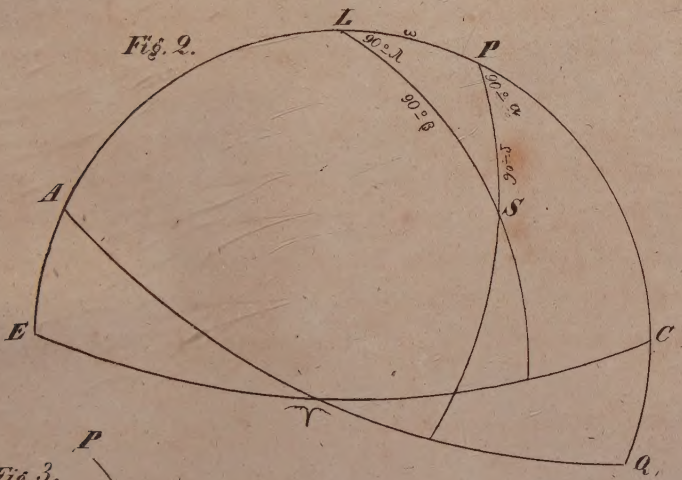


Fig. 3.

